

**Р.Н. ШЕВЦОВ**, канд. тех. наук, ген. директор, **И.Д. РЯБОВ**, инженер,  
ОАО "Великоанадольский огнеупорный комбинат", п. Владимировка;  
**Ю.А. ОНАСЕНКО**, аспирант,  
**Л.Д. ПИЛИПЧАТИН**, канд. тех. наук, доц.,  
НМетАУ, г. Днепропетровск, Украина

## **ВЛИЯНИЕ ЗЕРНОВОГО СОСТАВА ЗАПОЛНИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА НИЗКОЦЕМЕНТНЫХ ОГНЕУПОРНЫХ БЕТОНОВ**

Вивчено вплив зернового складу шамотного заповнювача на показники властивостей низькоцементних вогнетривких бетонів в інтервалі температур 350 – 1300 °С та оптимізований вміст зерен фракції 6 – 3 мм і 3 – 0 мм. Виготовлено дослідну партію низькоцементних вогнетривких бетонних виробів оптимального складу і проведені їх випробування у різних теплових агрегатах.

Experimental researches have been conducted to study the influence of granularity fireclay aggregate on the properties low – cement refractory concrete in interval of the temperature 350 – 1300 °C and was optimized contents aggregate fractions 6 – 3 mm and 3 – 0 mm. Organized test concrete product made with use of the optimum the composition aggregate organized their test in different heat unit

**Постановка проблемы и анализ последних исследований.** Способом направленного регулирования структуры низкоцементного огнеупорного бетона (НЦОБ) является моделирование зернового состава полидисперсной смеси с целью получения предельно плотной упаковки зерен. Оптимальное соотношение зерен различных фракций обеспечивает виброреологические характеристики бетонных масс, способствующих созданию низкопористой и прочной структуры бетона как в процессе формования, так и под воздействием тепловой обработки [1, 2]. При подборе зернового состава бетонных смесей используют кривые распределения Фурнаса, Фуллера, Андреасена и Боломэ, с помощью которых устанавливают оптимальное содержание зерен различных фракций для масс непрерывного зернового состава [2, 3].

Существующие в огнеупорном производстве методы разделения порошков не позволяют осуществлять расфракционирование материалов на узкие фракции для последующей их дозировки, смешения и получения полидисперсной смеси с заданным соотношением фракций. Учитывая это, подбор зернового состава низкоцементных бетонных смесей в соответствии с рекомендуемыми аналитическими зависимостями не является целесообразным в

условиях массового производства. По этой причине оптимизацию зернового состава бетона проводят с использованием методов математического планирования эксперимента в области зерновых составов ограниченных зернами крупной, средней и мелкой фракций [4 – 6].

Таким образом, для решения практических задач оптимизация зернового состава низкоцементных огнеупорных бетонов в условиях производства, при имеющемся распределении узких фракций, минеральных частиц внутри крупно-, среднезернистой составляющих смеси, является актуальным.

Анализ вещественных составов бетонов с алюмосиликатным заполнителем на химических связках или гидравлическом вяжущем показал, что содержание тонкодисперсного компонента фракции менее 0,088 мм находится в пределах 29 – 32 % [3]. При этом зерновой состав алюмосиликатных заполнителей с различным предельным размером зерна варьируется в широких пределах, обеспечивающих требуемую плотность укладки зерен. Это определяет возможность подбора рационального зернового состава бетонной смеси путем оптимизации соотношения крупной и средней фракций заполнителя.

**Постановка задачи.** Целью данной работы явилось исследование влияния изменения соотношения зерен крупной и средней фракций заполнителя на свойства низкоцементных шамотных бетонов в интервале температур 350 – 1300 °С.

**Экспериментальная часть.** Для проведения исследований в качестве сырьевых материалов использовали шамот из каолинов Владимировского месторождения с водопоглощением 4,8 % и предельным размером зерен 6 мм, высокоглиноземистый цемент "Gorkal-70" (ВГЦ), микрокремнезем (МК) марки FCBC (Польша), в качестве дефлокулирующей добавки использовали триполифосфат натрия (ТПФН) в количестве 0,15 % (сверх 100 %). Химический состав сырьевых материалов приведен в таблице.

Таблица

Химический состав сырьевых материалов, %

Наименование материалов	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	R <sub>2</sub> O	C
Шамот	36	59,97	0,61	–	1,15	0,47	–	0,78	–
МК	0,17	95,58	0,59	0,12	0,01	0,38	0,01	0,67	2,47
ВГЦ	70,82	0,32	28,00	0,96	–	–	–	–	–

При проведении исследований варьировали содержание заполните-

ля – шамота крупной фракции 6 – 3 мм и средней фракции 3 – 0 мм в пределах 10 – 50 % с интервалом варьирования 10 %. Содержание тонкодисперсного заполнителя фр. < 0,088 мм, ВГЦ и МК было постоянным и составляло 30 %, 5 % и 5 % соответственно. Приготовление бетонных масс влажностью 8,5 – 9,0 % осуществляли в смесителе планетарного типа. Образцы – кубы с размером ребра 40 мм формовали в разборные металлические формы при частоте вибрации 50 Гц. После выдержки образцов на воздухе в течение суток образцы термообрабатывали при температуре 350 °С, и затем обжигались при температурах 750 °С, 1050 °С и 1300 °С с выдержкой 3 часа. Определение кажущейся плотности, открытой пористости, предела прочности при сжатии образцов проводили в соответствии со стандартными методиками.

**Результаты и их обсуждение.** Результаты проведенных исследований представлены на рисунке. Анализ полученных данных показал, что кажущаяся плотность (рисунок, а) и открытая пористость (рисунок, б) образцов термообработанных при температуре 350 °С в зависимости от содержания заполнителя фр. 6 – 3 мм и 3 – 0 мм изменяются незначительно и находятся в пределах 2,15 – 2,18 г/см<sup>3</sup> и 18,9 – 19,1 % соответственно. Изменение соотношения фр. 6 – 3 мм и 3 – 0 мм в зерновом составе заполнителя оказывает более существенное влияние на значение предела прочности при сжатии образцов (рисунок, в). Так, при увеличении содержания фр. 6 – 3 мм до 20 % предел прочности при сжатии снижается с 49,9 Н/мм<sup>2</sup> до 45,1 Н/мм<sup>2</sup>, при содержании фр. 6 – 3 мм 30 % и 40 % механическая прочность увеличивается незначительно – на 4,1 – 2,4 Н/мм<sup>2</sup>. Минимальное значение механической прочности 40,8 Н/мм<sup>2</sup> имели образцы с содержанием фр. 6 – 3 мм – 50 % и фр. 3 – 0 мм – 10 %. При повышении температуры обжига от 750 °С до 1300 °С наблюдается общая тенденция увеличения кажущейся плотности и снижения открытой пористости образцов независимо от соотношения крупной и средней фракций в зерновом составе заполнителя. При температуре 750 °С изменение соотношения фр. 6 – 3 мм и 3 – 0 мм не оказывает влияния на изменение кажущейся плотности и открытой пористости образцов, и для всех исследуемых составов значения данных свойств находится в пределах 2,13 – 2,15 г/см<sup>3</sup> и 19,9 – 19,5 % соответственно. Зависимость предела прочности при сжатии от температуры обжига для различных составов носит неоднозначный характер. С увеличением температуры с 750 °С до 1300 °С при соотношении фр. 6 – 3 мм и 3 – 0 мм 1 : 2 и 1 : 1 наблюдается повышение механической прочности от 48,6 – 46,9 Н/мм<sup>2</sup> до 63,1 – 58,3 Н/мм<sup>2</sup>.

Предел прочности при сжатии при содержании крупной фракции – 10 % в интервале температур 750 – 1300 °С практически не изменяется и находится в пределах 53,9 – 52,0 Н/мм<sup>2</sup>.

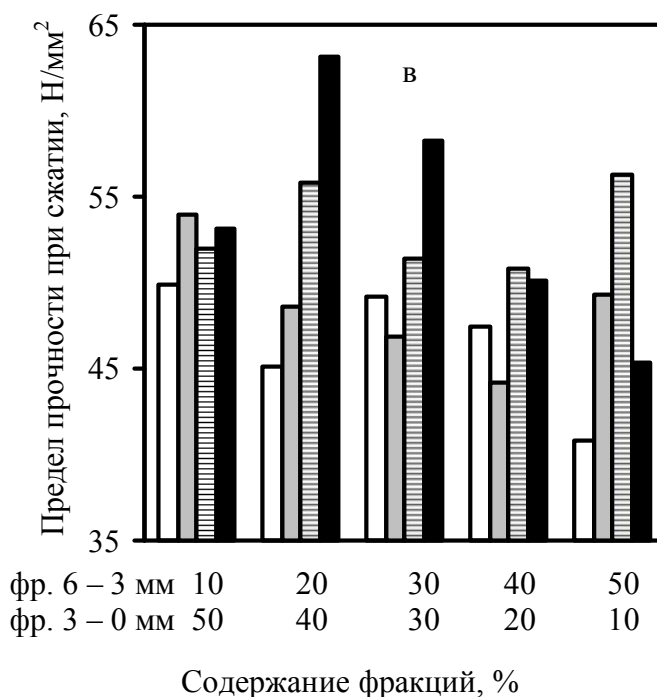
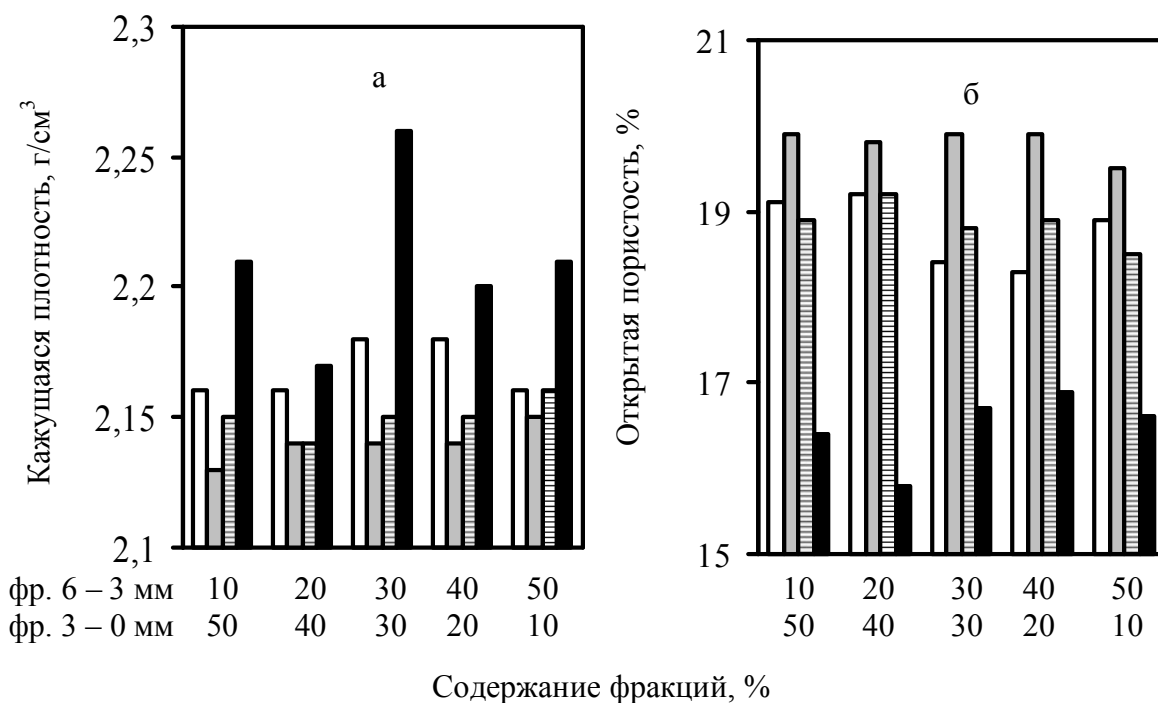


Рисунок – Влияние зернового состава заполнителя на свойства бетонных образцов:

□ – 350 °С;    ▒ – 750 °С;    ▨ – 1050 °С;    ■ – 1300 °С.

Максимальное упрочнение  $50,8 - 56,3 \text{ Н/мм}^2$  при температуре  $1050 \text{ }^\circ\text{C}$  характерно для бетонных образцов с соотношением заполнителя фр. 6 – 3 мм и 3 – 0 мм 2 : 1 и 5:1, а повышение температуры обжига до  $1300 \text{ }^\circ\text{C}$ , приводит к снижению предела прочности при сжатии до  $50,1 - 45,4 \text{ Н/мм}^2$ .

При температуре обжига –  $1300 \text{ }^\circ\text{C}$  кажущаяся плотность образцов всех исследуемых составов достигает максимальных значений, а эффективное сочетание высокой механической прочности ( $63,1 \text{ Н/мм}^2$ ) и минимальной открытой пористости (15,8 %) обеспечивается соотношением фр. 6 – 3 мм: фр. 3 – 0 мм = 1 : 2. С точки зрения достижения максимального упрочнения бетона и его минимальной пористости, в исследуемом температурном интервале, выбран следующий зерновой состав заполнителя: 20 % – фр. 6 – 3 мм, 40 % – фр. 3 – 0 мм и 30 % фр.  $< 0,088 \text{ мм}$ . Из масс оптимального состава на ОАО "Великоанадольский огнеупорный комбинат" изготовлена опытная партия низкоцементных бетонных изделий для различных элементов тепловых агрегатов. По результатам проведенных испытаний опытных изделий установлены высокие эксплуатационные свойства бетона.

**Выводы.** В результате проведенных исследований установлен оптимальный зерновой состав заполнителя в низкоцементном шамотном огнеупорном бетоне, оказывающий положительное влияние на уплотнение и упрочнение бетона в интервале температур  $750 - 1300 \text{ }^\circ\text{C}$ , и обеспечивающий повышение эксплуатационного ресурса изготовленных бетонных изделий в футеровках тепловых агрегатов различного назначения.

**Список литературы:** 1. *Кащеев И.Д.* Неформованные огнеупоры: справоч. изд. в 2 т. / *И.Д. Кащеев, М.Г. Ладыгиче., В.Л. Гусовский.* – М.: Теплотехник, 2004. – Т. 2: Свойства и применение неформованных огнеупоров. – 2004. – 440 с. 2. *Пивинский Ю.Е.* Неформованные огнеупоры: справоч. изд. в 2 т. Т.1. Книга 1. Общие вопросы технологии / *Ю.Е. Пивинский.* – М.: Теплоэнергетик, 2004. – 448 с. 3. *Семченко Г.Д.* Неформованные огнеупоры: учеб. пособие / *Г.Д. Семченко.* – Х.: НТУ "ХПИ", 2007. – 304с. 4. *Вакуленко И.А.* Влияние технологических параметров на свойства корундовых низкоцементных бетонов / [*И.А. Вакуленко, В.В. Песчанская, Н.В. Шебанова и др.*] // Вісник НТУ "ХПИ". – 2006. – № 30. – С. 63 – 67. 5. *Вернигора Н.К.* Анализ фракционного состава огнеупорных бетонов на шамотном заполнителе / [*Н.К. Вернигора, С.М. Логвинков, Г.Н. Шабанова и др.*] // Зб. наук. праць ВАТ "УкрНДІВ ім. А.С.Бережного". – Х.: Каравела, 2006. – № 106. – С. 71 – 77. 6. *Бражник Д.А.* Оптимизация гранулометрического состава низкоцементных периклазосодержащих неформованных масс / [*Д.А. Бражник, Г.Д. Семченко, А.А. Бондаренко и др.*] // Зб. наук. праць ВАТ "УкрНДІВ ім. А.С.Бережного". – Х.: Каравела, 2009. – № 109. – С. 86 – 89.

*Поступила в редколлегию 20.06.10*